

Docket No.: 65326-031

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of	:	Customer Number: 20277
Yasuyuki KOYAGI, et al.	:	Confirmation Number:
Serial No.:	:	Group Art Unit:
Filed: January 20, 2004	:	Examiner: Unknown
For: PHOTO-FABRICATION APPARATUS	:	

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

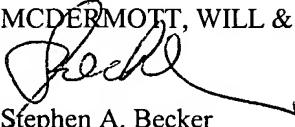
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2003-040459, filed February 19, 2003**

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Stephen A. Becker  
Registration No. 26,527

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 SAB:tlb  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: January 20, 2004**

65326-031

KOYAGI et al.

January 20, 2004

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 2 月 1 9 日

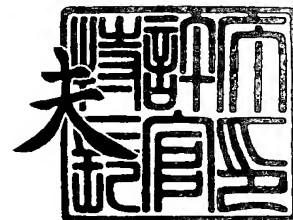
出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 4 0 4 5 9  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 3 - 0 4 0 4 5 9 ]

出 願 人  
Applicant(s): 大日本スクリーン製造株式会社

2 0 0 3 年 9 月 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 3 1 7 2



【書類名】 特許願

【整理番号】 006P0075

【提出日】 平成15年 2月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B29C 67/00

【発明者】

    【住所又は居所】 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1  
    番地の 1 大日本スクリーン製造株式会社内

    【氏名】 小八木 康幸

【発明者】

    【住所又は居所】 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1  
    番地の 1 大日本スクリーン製造株式会社内

    【氏名】 下妻 央子

【特許出願人】

    【識別番号】 000207551

    【氏名又は名称】 大日本スクリーン製造株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100110847

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 松阪 正弘

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 136468

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 0107099

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光造形装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 感光材料に光を照射して 3 次元の造形を行う光造形装置であって、

光源と、

2 次元配列された複数の微小ミラーを有し、前記複数の微小ミラーの姿勢を個別に変更して前記光源からの光を空間変調する空間光変調デバイスと、

前記空間光変調デバイスにより空間変調された光が照射される感光材料を保持する保持部と、

前記複数の微小ミラーの姿勢を制御して前記複数の微小ミラーに対応する照射領域群のそれぞれに照射される光の量を制御する制御部と、  
を備えることを特徴とする光造形装置。

【請求項 2】 感光材料に光を照射して 3 次元の造形を行う光造形装置であって、

空間変調された光を生成する空間光変調デバイスと、

前記空間光変調デバイスにより空間変調された光が照射される感光材料を保持する保持部と、

それぞれが変調の単位に対応する感光材料上の照射領域群を感光材料に対して相対的に移動する移動機構と、

前記照射領域群の相対移動に同期して前記空間光変調デバイスを制御する制御部と、

を備えることを特徴とする光造形装置。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の光造形装置であって、

前記照射領域群が 2 次元に配列され、前記照射領域群の相対移動方向が一の配列方向にほぼ沿うことを特徴とする光造形装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の光造形装置であって、

前記照射領域群が互いに垂直な 2 方向に対して等間隔に配列されており、前記一の配列方向に関する列の両端の照射領域の前記相対移動方向に垂直な方向の距

離が、前記照射領域群の他の配列方向のピッチよりも小さいことを特徴とする光造形装置。

【請求項 5】 請求項 3 または 4 に記載の光造形装置であって、  
前記制御部が、前記照射領域群の相対移動に伴い、感光材料上の一の露光領域を通過する複数の照射領域から前記一の露光領域に照射される光の累積量を制御することを特徴とする光造形装置。

【請求項 6】 請求項 2 ないし 5 のいずれかに記載の光造形装置であって、  
前記空間光変調デバイスが複数の微小ミラーを有し、前記複数の微小ミラーの姿勢を個別に変更して光源からの光を空間変調することを特徴とする光造形装置。

【請求項 7】 感光材料に光を照射して 3 次元の造形を行う光造形装置であって、  
変調された光を出射する光源ユニットと、  
前記光源ユニットからの光が照射される感光材料を保持する保持部と、  
前記光源ユニットからの光の照射領域を感光材料に対して相対的に移動する移動機構と、  
前記照射領域の相対移動に同期して前記光源ユニットを制御する制御部と、  
を備えることを特徴とする光造形装置。

【請求項 8】 請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の光造形装置であって、  
照射領域に対応する光束が集束する位置と感光材料の表面との間の距離を変更する機構をさらに備えることを特徴とする光造形装置。

【請求項 9】 請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の光造形装置であって、  
前記制御部が、  
造形物の 3 次元形状に関する形状データ、および、一の露光領域に照射される光の量と感光材料の感光される深さとの関係を実質的に示すテーブルを記憶する記憶部と、  
前記形状データおよび前記テーブルに基づいて感光材料上の露光の単位となる各露光領域に照射される光の量を求める演算部と、  
を有することを特徴とする光造形装置。



【請求項 1 0】 請求項 9 に記載の光造形装置であって、  
複数の露光領域に互いに異なる量の光が照射された後に現像された感光材料の  
前記複数の露光領域における高さを測定する測定器をさらに備え、  
前記制御部が、前記複数の露光領域における露光量と感光材料の高さとに基づ  
いて、前記テーブルを作成することを特徴とする光造形装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、感光材料に光を照射して 3 次元の造形を行う光造形装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

造形物の 3 次元形状データをスライスして複数の断面データ（すなわち、2 次  
元形状データ）を作成し、光硬化性材料を積層しながら各層に対応する断面デー  
タに基づいて光を照射（すなわち、露光）して所望の 3 次元造形物を製作する光  
造形が、従来より実施されている。

【0 0 0 3】

また、特許文献 1 では、液晶マスクにより空間変調された光を光硬化性材料上  
に照射し、光硬化性材料を積層することなく 3 次元造形物を製作する技術が開示  
されている。

【0 0 0 4】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 1 - 2 5 2 9 8 6 号公報

【0 0 0 5】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、従来の光造形では、光硬化性材料の積層と光の照射とを繰り返し行  
う必要があるため、造形物の製作に長時間を要するとともに製作コストが増大し  
てしまう。また、特許文献 1 に記載の技術では、液晶マスクの画素間の筋の影響  
により造形物の形状精度が低下してしまい、画素数が限定されるために比較的大  
きな造形物を製作する場合にも造形物の形状精度が低下してしまう。さらに、液

晶により光の照射効率が低下するという問題も有している。

#### 【 0 0 0 6 】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、短時間に、あるいは、高い形状精度にて 3 次元の造形を行うことを主たる目的としている。

#### 【 0 0 0 7 】

##### 【課題を解決するための手段】

請求項 1 に記載の発明は、感光材料に光を照射して 3 次元の造形を行う光造形装置であって、光源と、2 次元配列された複数の微小ミラーを有し、前記複数の微小ミラーの姿勢を個別に変更して前記光源からの光を空間変調する空間光変調デバイスと、前記空間光変調デバイスにより空間変調された光が照射される感光材料を保持する保持部と、前記複数の微小ミラーの姿勢を制御して前記複数の微小ミラーに対応する照射領域群のそれぞれに照射される光の量を制御する制御部とを備える。

#### 【 0 0 0 8 】

請求項 2 に記載の発明は、感光材料に光を照射して 3 次元の造形を行う光造形装置であって、空間変調された光を生成する空間光変調デバイスと、前記空間光変調デバイスにより空間変調された光が照射される感光材料を保持する保持部と、それぞれが変調の単位に対応する感光材料上の照射領域群を感光材料に対して相対的に移動する移動機構と、前記照射領域群の相対移動に同期して前記空間光変調デバイスを制御する制御部とを備える。

#### 【 0 0 0 9 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 2 に記載の光造形装置であって、前記照射領域群が 2 次元に配列され、前記照射領域群の相対移動方向が一の配列方向にほぼ沿う。

#### 【 0 0 1 0 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 に記載の光造形装置であって、前記照射領域群が互いに垂直な 2 方向に対して等間隔に配列されており、前記一の配列方向に関する列の両端の照射領域の前記相対移動方向に垂直な方向の距離が、前記照射領域群の他の配列方向のピッチよりも小さい。

## 【0011】

請求項5に記載の発明は、請求項3または4に記載の光造形装置であって、前記制御部が、前記照射領域群の相対移動に伴い、感光材料上の一の露光領域を通過する複数の照射領域から前記一の露光領域に照射される光の累積量を制御する。

## 【0012】

請求項6に記載の発明は、請求項2ないし5のいずれかに記載の光造形装置であって、前記空間光変調デバイスが複数の微小ミラーを有し、前記複数の微小ミラーの姿勢を個別に変更して光源からの光を空間変調する。

## 【0013】

請求項7に記載の発明は、感光材料に光を照射して3次元の造形を行う光造形装置であって、変調された光を出射する光源ユニットと、前記光源ユニットからの光が照射される感光材料を保持する保持部と、前記光源ユニットからの光の照射領域を感光材料に対して相対的に移動する移動機構と、前記照射領域の相対移動に同期して前記光源ユニットを制御する制御部とを備える。

## 【0014】

請求項8に記載の発明は、請求項1ないし7のいずれかに記載の光造形装置であって、照射領域に対応する光束が集束する位置と感光材料の表面との間の距離を変更する機構をさらに備える。

## 【0015】

請求項9に記載の発明は、請求項1ないし8のいずれかに記載の光造形装置であって、前記制御部が、造形物の3次元形状に関する形状データ、および、一の露光領域に照射される光の量と感光材料の感光される深さとの関係を実質的に示すテーブルを記憶する記憶部と、前記形状データおよび前記テーブルに基づいて感光材料上の露光の単位となる各露光領域に照射される光の量を求める演算部とを有する。

## 【0016】

請求項10に記載の発明は、請求項9に記載の光造形装置であって、複数の露光領域に互いに異なる量の光が照射された後に現像された感光材料の前記複数の



露光領域における高さを測定する測定器をさらに備え、前記制御部が、前記複数の露光領域における露光量と感光材料の高さとに基づいて、前記テーブルを作成する。

#### 【 0 0 1 7 】

##### 【発明の実施の形態】

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る光造形装置 1 の概略構成を示す図である。光造形装置 1 は、所定の基板上にポジ型の感光材料である感光性レジストを所定の膜厚だけ塗布し、乾燥させたもの（以下、単に「感光部材」と呼ぶ。）に向けて所望の造形物の 3 次元形状に応じた光を照射する装置であり、露光された感光部材はその後の工程において現像されることにより、所望の 3 次元造形物が製作される。

#### 【 0 0 1 8 】

光造形装置 1 は、感光部材 9 を保持するステージ 2、感光部材 9 に向けて空間変調された光を出射するユニットであるヘッド部 3、ステージ 2 をヘッド部 3 に対して相対的に移動するステージ移動機構 4 1、および、ステージ 2 を昇降するステージ昇降機構 4 4 を有する。

#### 【 0 0 1 9 】

ヘッド部 3 は、光（例えば、波長が 4 0 0 n m 近傍の光）を出射する半導体レーザーが設けられた光源 3 1、および、複数の微小ミラーが 2 次元配列されたマイクロミラーアレイ 3 2（例えば、DMD（デジタルマイクロミラーデバイス）であり、以下、「DMD 3 2」という。）を有し、光源 3 1 からの光が DMD 3 2 により空間変調され、感光部材 9 上に照射される。

#### 【 0 0 2 0 】

具体的には、光源 3 1 に接続された光ファイバ 3 1 1 から出射された光は、図示省略の光学系により DMD 3 2 へと導かれる。DMD 3 2 では、各微小ミラーのうち所定の姿勢（後述する DMD 3 2 による光照射の説明において、ON 状態に対応する姿勢）にある微小ミラーからの反射光のみにより形成される光が導出される。DMD 3 2 からの光はレンズ群 3 3 を介してハーフミラー 3 4 へと導かれ、反射された光が対物レンズ 3 5 により感光部材 9 の表面へと導かれる。

## 【0021】

また、ヘッド部3は、対物レンズ35と感光部材9の表面との間の距離を検出するオートフォーカス用の検出ユニット（以下、「AF検出ユニット」という。）36を有する。AF検出ユニット36は、レーザ光を出射する半導体レーザ361、および、感光部材9からの反射光を受光する受光部362を有し、半導体レーザ361から出射されたレーザ光はミラー37にて反射され、ハーフミラー34および対物レンズ35を介して感光部材9の表面へと照射される。感光部材9からのレーザ光の反射光は、対物レンズ35、ハーフミラー34およびミラー37を介してAF検出ユニット36へと導かれ、受光部362が反射光を受光する位置により対物レンズ35と感光部材9の表面との間の距離が検出される。

## 【0022】

ステージ移動機構41は、ステージ2を図1中のX方向に移動するX方向移動機構42、および、Y方向に移動するY方向移動機構43を有する。X方向移動機構42はモータ421にボールねじ（図示省略）が接続され、モータ421が回転することにより、Y方向移動機構43がガイドレール422に沿って図1中のX方向に移動する。Y方向移動機構43もX方向移動機構42と同様の構成となっており、モータ431が回転するとボールねじ（図示省略）によりステージ2がガイドレール432に沿ってY方向に移動する。また、ステージ移動機構41はモータを有するステージ昇降機構44により支持されており、ステージ昇降機構44が駆動されることにより、対物レンズ35とステージ2との間の距離が変更される。

## 【0023】

光造形装置1は、各種情報処理を行うCPUや各種情報を記憶するメモリ等により構成されるコンピュータ5をさらに有し、CPU等により演算部51としての機能が実現され、記憶部52に各種情報が記憶される。また、コンピュータ5は、ヘッド部3、ステージ移動機構41およびステージ昇降機構44に接続され、コンピュータ5が制御部としての役割を果たすことにより、光造形装置1による3次元造形用の光の照射（すなわち、露光）が行われる。

## 【0024】

図 2 は、DMD 3 2 を模式的に示す図である。DMD 3 2 は、多数の微小ミラーが互いに垂直な 2 方向（行方向および列方向）に等間隔に配列された複数のブロック 3 2 1 を有し、各ブロック 3 2 1 は一方向（例えば、列方向）に配列される。なお、実際には 1 つのブロック 3 2 1 には行および列方向に図 2 に例示するよりも多数の微小ミラーが配列される。DMD 3 2 では、各微小ミラーに対応するメモリセルへのデータの書き込みがブロック 3 2 1 毎に行われ、リセットパルスを入力により一部の微小ミラーが所定の角度だけ一斉に傾く。

#### 【 0 0 2 5 】

具体的には、DMD 3 2 には各微小ミラーに対する ON または OFF を示すデータ（以下、「DMD セルデータ」という。）が図 1 のコンピュータ 5 から送信されてメモリセルに書き込まれ、リセットパルスに同期して DMD セルデータに従って各微小ミラーが ON 状態または OFF 状態の姿勢に変更される。これにより、DMD 3 2 に照射された光は、各微小ミラーの傾く方向に応じて反射され、各微小ミラーに対応する感光部材 9 上の光の照射領域への光照射の ON / OFF が行われる。ON 状態とされた微小ミラーに入射する光はレンズ群 3 3 へと反射され、対応する感光部材 9 上の照射領域に光が照射される。OFF 状態とされた微小ミラーに入射する光はレンズ群 3 3 とは異なる所定の位置へと反射し、対応する照射領域に光が導かれない。

#### 【 0 0 2 6 】

コンピュータ 5 から DMD 3 2 へのリセットパルスの送信は一定時間の間に所定回数だけ繰り返され、各微小ミラーの ON 状態の回数（すなわち、各微小ミラーの ON 状態の累積時間）を正確に制御することにより、各照射領域に照射される光の量の制御（「階調制御」とも呼ぶ。）が実現される。なお、リセットパルスは一定の間隔で発生される必要はなく、例えば、単位時間を 1 : 2 : 4 : 8 : 1 6 の時間枠に分割して各時間枠の最初に 1 回だけリセットパルスが送信されることにより、階調制御（上記例の場合、3 2 階調となる。）が行われてもよい。

#### 【 0 0 2 7 】

図 3 は、感光部材 9 上の照射領域群の一部の照射領域 6 1 を示す図である。1 つの照射領域 6 1 は、DMD 3 2 の各微小ミラーの形状に対応する矩形の領域と

なっており、図3中のX方向およびY方向にそれぞれ所定のピッチにて等間隔に配列されている。なお、本実施の形態では、照射領域は感光部材9上に固定され、1つの照射領域61が感光部材9上の露光の単位となる1つの露光領域とされている。

#### 【0028】

図4は、光造形装置1が3次元造形用の光を感光部材9に照射する動作（以下、「露光動作」という。）の流れを示す図である。まず、所望の造形物の3次元形状を示すデータ（以下、「形状データ」と呼ぶ。）が準備される（ステップS11）。形状データは、感光部材9上の1つの露光領域であるセルに高さ情報が関連付けられることにより造形物の3次元形状を示すデータであり、例えば、3次元CADデータ等の3次元情報から予め生成され、光造形装置1の記憶部52に記憶される。なお、3次元情報に基づいて演算部51により形状データが生成されてもよい。

#### 【0029】

光造形装置1では、感光部材9上の一の露光領域に照射される光の量と、光が照射された露光領域の感光性レジストが現像により除去される深さ（以下、「加工深さ」という。）との関係を示す変換テーブル521が、後述する変換テーブル作成動作において予め作成されて記憶部52に記憶されており（図1参照）、演算部51では形状データおよび変換テーブル521に基づいて各露光領域に必要な光の照射量（以下の説明において、「光の照射量」を「露光量」と呼ぶ。）が求められる（ステップS12）。

#### 【0030】

図5は、変換テーブル521をグラフ化して連続的に示したものであり、縦軸は加工深さを示し、横軸は単位面積当たりの露光量を示している。図5より、露光量が増加するにつれて加工深さが大きくなることが判る。演算部51では、形状データに含まれる各セルの高さ情報から各露光領域の加工深さを決定し、変換テーブル521に基づいて各露光領域の加工深さに対応する露光量が求められる。そして、各露光領域の露光量から一定時間内の各リセットパルスに対応するDMDSセルデータのセットが生成される。

**【0031】**

また、形状データには造形物において最も形状精度が要求される高さ（例えば、基板からの高さであり、以下、「基準高さ」という。）を示す情報が含まれており、光造形装置 1 では、ON 状態の各微小ミラーからの光束が感光部材 9 内において集束する位置（いわゆる、合焦位置であり、以下、「集束位置」という。）が、感光部材 9 の基準高さに一致するようにステージ昇降機構 44 が制御され、対物レンズ 35 と感光部材 9 との間の距離が調整される（ステップ S 13）。このとき、AF 検出ユニット 36 により対物レンズ 35 と感光部材 9 の表面との間の距離が検出されることにより、対物レンズ 35 と感光部材 9 との間の距離が正確に調整される。

**【0032】**

続いて、コンピュータ 5 の制御により光源 31 からの光の出射が開始されるとともに、DMD 32 が制御される（ステップ S 14）。DMD 32 の制御では、まず、コンピュータ 5 から DMD 32 の各微小ミラーのメモリセルに最初の DMD セルデータの書き込みが行われる。そして、コンピュータ 5 が DMD 32 にリセットパルスを送信することにより各微小ミラーがメモリセルのデータに応じた姿勢となり、各露光領域への最初の露光が行われる。

**【0033】**

リセットパルスが送信された後、すぐに次の DMD セルデータが各微小ミラーのメモリセルに書き込まれる。そして、コンピュータ 5 からの 2 回目のリセットパルスの送信により各微小ミラーがメモリセルのデータに従った姿勢となる。光造形装置 1 では、DMD セルデータの書き込み、および、リセットパルスの送信を繰り返し行うことにより、各微小ミラーの ON 状態の累積時間が正確に制御され、各露光領域に照射される光の累積光量がステップ S 12 において求められた露光量とされる。

**【0034】**

所定回数のリセットパルスの送信が終了すると、光源 31 からの光の出射が停止される（ステップ S 15）。以上の動作により露光された感光部材 9 は、光造形装置 1 外の他の装置において現像され、各露光領域への累積光量に応じた深さ

の感光性レジストが除去される。これにより、所望の 3 次元形状を有する造形物が完成する。

#### 【 0 0 3 5 】

次に、変換テーブル 5 2 1 を作成する動作について説明を行う。変換テーブル 5 2 1 の作成では、テーブル作成用の感光部材 9 上に予め複数の矩形領域が設定されており、矩形領域毎に、属する露光領域への露光量が異なる DMD セルデータのセットが生成される。そして、上述のステップ S 1 4 と同様に、DMD セルデータに従って感光部材 9 への露光が行われる。これにより、各矩形領域には単位面積当たりに互いに異なる量の光が照射される。このとき、感光部材 9 に対して集束位置が所定の位置となるようにステージ 2 が予め昇降され、露光時の対物レンズ 3 5 と感光部材 9 の表面との間の距離（以下、「露光時の距離」という。）が記憶部 5 2 に記憶される。

#### 【 0 0 3 6 】

露光後の感光部材 9 の感光性レジストは外部の現像装置において現像され、現像後の感光部材 9 が光造形装置 1 に戻される。光造形装置 1 では、ステージ 2 の高さが露光時と同じ高さとなる。そして、複数の矩形領域のうちの 1 つの矩形領域が A F 検出ユニット 3 6 によるレーザ光の照射位置へと移動され、対物レンズ 3 5 との間の距離（以下、「現像後の距離」という。）が検出される。他の矩形領域についても同様に現像後の距離が検出される。

#### 【 0 0 3 7 】

演算部 5 1 では、各矩形領域の現像後の距離と露光時の距離との差（すなわち、各矩形領域の現像前後の高さの差）が加工深さとして算出され、各矩形領域に対する単位面積当たりの露光量と加工深さとが関連付けられて変換テーブル 5 2 1 が精度よく作成される。これにより、光造形装置 1 における 3 次元造形用の光の照射を精度よく行うことができる。なお、互いに異なる量の光が照射された後に現像された矩形領域の高さを測定する測定器は、必ずしも A F 検出ユニット 3 6 である必要はなく、例えば、触針式の測定器等が別途設けられてもよい。

#### 【 0 0 3 8 】

以上のように、光造形装置 1 では、コンピュータ 5 が複数の微小ミラーを有す

るDMD 32を制御することにより、各微小ミラーの姿勢が個別に変更され、各微小ミラーに対応する照射領域61に照射される光の量が制御される。これにより、光造形装置1では各露光領域に対する多階調の露光が実現され、感光材料を積層することなく実質的に3次元造形が行われる。その結果、所望の3次元形状を有する造形物を短時間かつ容易に製作することができ、製作コストを削減することができる。また、光造形装置1では、空間変調された光の集束位置を感光部材9（の感光性レジスト内）の基準位置に合わせることで、高い形状精度が要求される高さにおいて光の照射を特に精度よく行うことができる。

#### 【0039】

図6は、光造形装置1の露光動作および現像により製作された造形物の一例を示す図である。図6に示すように、光造形装置1では、微小な3次元造形物の製作が可能である。

#### 【0040】

次に、第2の実施の形態に係る光造形装置1について説明を行う。第2の実施の形態に係る光造形装置1は、第1の実施の形態に係る光造形装置1においてDMD 32をヘッド部3内で傾斜して設けたものであり、以下の説明では、第1の実施の形態にて用いた符号を参照して説明を行う。DMD 32が傾斜して設けられることにより、図7（a）に示すように感光部材9上の照射領域群610（図2中の1つのブロック321に対応する。）の配列方向が相対移動方向（すなわち、図7（a）中のY方向）に対して傾斜している。なお、図7（a）では照射領域群610が4行で配列されるように示されているが、実際には行および列方向に対して多数の照射領域が配列されている。

#### 【0041】

照射領域群610の相対移動方向に対する傾斜は、照射領域群610の2つの配列方向のうち相対移動方向にはほぼ沿う方向（すなわち、DMD 32の列方向に対応する方向であり、以下、同様に「列方向」と呼ぶ。）と相対移動方向とのなす角が所定の角度 $\theta$ となるように傾けられる。このとき、1つの列において両端に位置する照射領域（図7（a）中に符号611、612を付す照射領域）の相対移動方向に垂直な方向（すなわち、X方向）の距離L1が、照射領域群610

の列方向に垂直な行方向のピッチ  $P_1$  よりも小さくされる。

#### 【0042】

図8は第2の実施の形態に係る光造形装置1による露光動作の流れを示す図であり、図4中のステップS13以降の動作の流れを示している。なお、説明の便宜上、以下、微小ミラーが4行m列に配列された1つのブロック321のみにより露光が行われるものとして説明を行う。また、第2の実施の形態では照射領域群610が感光部材9に対して移動するため、以下の説明における露光領域は、感光部材9上に固定された領域である。

#### 【0043】

光造形装置1では、第1の実施の形態と同様に、ステップS11～S13が行われた後、コンピュータ5の制御によりステージ2が(+Y)方向に移動を開始し、照射領域群610が感光部材9に対して(-Y)方向に相対的に連続的に移動する(ステップS21)。そして、光源31から光の出射が開始されるとともに、照射領域群610の相対移動に同期してDMD32が制御され、露光動作が行われる(ステップS22)。

#### 【0044】

図9(a)～(f)は照射領域群610の相対移動に同期してDMD32が制御される様子を説明するための図である。図9(a)～(e)では1列の照射領域群610のみを示し、ON状態とされる照射領域を実線で示し、OFF状態とされる照射領域を破線にて示している。また、図9(a)～(e)では(+Y)側に位置する照射領域から順に符号61a, 61b, 61c, 61dを付すとともに感光部材9上の露光領域群620を二点鎖線にて示している。

#### 【0045】

コンピュータ5から1回目のDMDセルデータが各微小ミラーのメモリセルに書き込まれ、照射領域群610が感光部材9上の所定の露光開始位置へと到達すると、コンピュータ5より最初のリセットパルスが送信される。これにより、DMD32の各微小ミラーがメモリセルのデータに従った姿勢とされ、対応する照射領域への光の照射のON/OFFが行われる。例えば、図9(a)に示すように、照射領域61dのみがON状態とされ、他の照射領域61a～61cはOFF



F 状態とされる。

【0046】

リセットパルス送信後、すぐに2回目のDMDセルデータが各微小ミラーのメモリセルに書き込まれる。リセットパルスのDMD 32への送信は、ステージ移動機構41がステージ2を移動させる動作に同期して行われる。すなわち、1回目のリセットパルスから照射領域群610が露光領域群620の相対移動方向に関するピッチP2の距離だけ移動した時点で2回目のリセットパルスがDMD 32へと送信され、図9（b）に示すように、照射領域61c、61dがON状態とされ、他の照射領域61a、61bはOFF状態とされる。

【0047】

続いて、3回目のリセットパルスの送信では、図9（c）に示すように照射領域61b～61dがON状態とされ、図9（d）に示すように4回目のリセットパルスの送信では、全ての照射領域61a～61dがON状態とされる。そして、5回目のリセットパルスの送信では、図9（e）に示すように全ての照射領域61a～61dがOFF状態とされる。これにより、一の露光領域に対して複数の照射領域から光の照射が重ねて行われ（すなわち、多重露光が行われ）、図9（f）に示すように5階調の露光が可能となる。なお、照射領域群610は相対移動しているため、図9（f）に示す光量は正確には緩やかに変化する。

【0048】

このとき、照射領域群610の列方向が相対移動方向に平行な方向に配列され、かつ、DMD 32の各微小ミラー間に構造上の微小な間隙が存在する場合には、各照射領域の列間に光が照射されない領域が存在することとなる。しかしながら、第2の実施の形態に係る光造形装置1では、図7（a）に示すように照射領域群610が傾いた状態で連続的に相対移動することから、図7（b）に示すように累積光量はX方向に関してほぼ一定に分布することとなる。したがって、X方向に関して隣接する露光領域間においても、光を適切に照射することが実現される。

【0049】

照射領域群610が（-Y）側の最後の露光領域を通過すると光源31からの

光の出射が停止され（ステップ S 2 3）、ステージ 2 の移動が停止される（ステップ S 2 4）。なお、露光領域群の X 方向の幅が大きい場合には照射領域群 6 1 0 を X 方向にステップ移動（すなわち、副走査）して露光動作が繰り返され、その後、ステップ S 2 3、S 2 4 が実行される。露光が終了すると、第 1 の実施の形態と同様に感光部材 9 の感光性レジストが現像され、3 次元の造形物が完成する。

#### 【0050】

以上のように、第 2 の実施の形態に係る光造形装置 1 では、それぞれが変調の単位に対応する照射領域群 6 1 0 の感光部材 9 に対する相対移動に伴い、感光部材 9 上の 1 つの露光領域を通過する複数の照射領域からこの露光領域に照射される光の累積量が制御される。これにより、1 つの露光領域に対して複数の照射領域による重ね合わせの露光が可能となり、多階調の露光が実現される。また、必要最小限の行数の微小ミラーのみを露光に利用することにより、使用されるブロック 3 2 1 を少なくすることができ、メモリセルへのデータの書き込み時間を短縮することも可能となる。その結果、感光部材 9 上の広範囲に亘る露光を短時間に高精度にて行うことができる。

#### 【0051】

さらに、光造形装置 1 では、照射領域群 6 1 0 の列の両端に位置する照射領域の相対移動方向に垂直な方向の距離が照射領域群 6 1 0 の行方向のピッチよりも小さくなるように DMD 3 2 が傾斜して設けられるため、DMD 3 2 を傾斜しない場合と同様に DMD 3 2 を容易に制御でき、かつ、造形物の形状に微小ミラー間の間隙の影響が生じることを抑制することができる。

#### 【0052】

図 1 0 は、第 2 の実施の形態に係る光造形装置 1 の露光動作および現像により製作された造形物の一例を示す図である。図 1 0 に示すように、光造形装置 1 により、非常に高精度で滑らかな 3 次元造形物の製作が実現される。

#### 【0053】

なお、DMD 3 2 の列間の隙間が感光に影響を与えない程度に微小である場合には、照射領域群 6 1 0 は走査方向に対して傾けられなくてもよい。一方で、互

いに隣接する露光領域間にて高精度に加工深さが制御される必要がない（あるいは、加工深さが大きく変化しない）場合には、照射領域群 6 1 0 の列の両端に位置する照射領域の相対移動方向に垂直な方向の距離が照射領域群 6 1 0 の行方向のピッチよりも大きくなるように DMD 3 2 が傾斜して設けられてもよい。

#### 【0 0 5 4】

第 2 の実施の形態に係る光造形装置 1 では、第 1 の実施の形態において説明した多階調の露光と多重露光とを組み合わせることにより、より高度な 3 次元造形用の露光を行うこともできる。図 1 1 (a) ~ (f) は露光動作の他の例を説明するための図であり、図 1 1 (a) ~ (e) は、図 9 (a) ~ (e) と同様に照射領域群 6 1 0 が感光部材 9 に対して相対的に移動する様子を示している。また、各照射領域に付す平行斜線の種類により各照射領域による露光の階調（5 通り）を示しており、平行斜線の密度が高いほど露光量が多く、OFF 状態が維持される照射領域を破線にて示している。

#### 【0 0 5 5】

図 1 1 (a) ~ (e) に示す露光動作では、1 回目のリセットパルスから照射領域群 6 1 0 がピッチ P 2 の距離だけ移動する間に、所定回数のリセットパルスの送信が繰り返され、各リセットパルスに対応する DMD セルデータに応じて各微小ミラーの姿勢が高速に変更される。これにより、照射領域群 6 1 0 がピッチ P 2 だけ移動する間に、各照射領域において多階調の光の照射が実現される。なお、各微小ミラーが ON 状態となる瞬間を適度に分散させることで、照射領域群 6 1 0 が相対移動しながらであっても露光むらが抑えられる。

#### 【0 0 5 6】

図 1 1 (a) ~ (e) に示すように、照射領域群 6 1 0 の相対移動に同期して各照射領域の階調を制御して多階調の光の照射と多重露光とを組み合わせることにより、図 1 1 (f) に示すように DMD 3 2 の各微小ミラーに設定する階調数以上の多階調の露光を行うことができる。

#### 【0 0 5 7】

図 1 2 は第 3 の実施の形態に係る光造形装置 1 a を示す図である。光造形装置 1 a は変調された光を出射しつつ、照射位置を移動させるユニットであるヘッド

部 3 a を有し、光造形装置 1 a ではヘッド部 3 a のみが図 1 の光造形装置 1 と異なっている。他の構成は図 1 と同様であり、同符号を付している。

#### 【0 0 5 8】

光造形装置 1 a のヘッド部 3 a では、半導体レーザを有する光源 3 1 から出射された光が光変調素子 3 2 a により変調され（すなわち、光の強度が変更され）、変調された光はポリゴンミラー 3 8 へと導かれる。ポリゴンミラー 3 8 はエンコーダを有するモータ（図示省略）により回転し、エンコーダからの出力がコンピュータ 5 に入力される。回転するポリゴンミラー 3 8 により反射された光は図 1 2 中の X 方向に移動しつつハーフミラー 3 4 a および走査レンズ群 3 5 a を介して感光部材 9 へと導かれる。

#### 【0 0 5 9】

光造形装置 1 a が 3 次元造形用の露光を行う際には、図 1 の光造形装置 1 と同様に、予め準備された造形物の形状データおよび記憶部 5 2 に記憶された変換テーブル 5 2 1 に基づいて各露光領域への露光量が演算部 5 1 により求められ、さらに、ヘッド部 3 a と感光部材 9 との間の距離が調整される（図 4 中のステップ S 1 1 ～ S 1 3）。続いて、ステージ 2 の移動が開始され、感光部材 9 がステージ移動機構 4 1 により Y 方向へと移動する（図 8 中のステップ S 2 1）。そして、コンピュータ 5 がポリゴンミラー 3 8 のモータ、光変調素子 3 2 a およびステージ移動機構 4 1 を同期させて制御することにより、感光部材 9 上の光の照射領域が X および Y 方向に移動するとともに光変調素子 3 2 a により光の強度が変更される。これにより、感光部材 9 上の露光領域群に高速に多階調の露光が行われる（ステップ S 2 2）。その後、光の出射およびステージの移動が停止され（ステップ S 2 3, S 2 4）、感光部材 9 の感光性レジストが現像されて 3 次元の造形物が完成する。

#### 【0 0 6 0】

以上のように、光造形装置 1 a では光源 3 1 および光変調素子 3 2 a により構成される光源ユニットから出射された光の照射領域が感光部材 9 に対して相対的に移動するとともに、照射領域の相対移動に同期して光源ユニットの制御が行われる。これにより、光造形装置 1 a では感光部材 9 上の広範囲に亘って 3 次元造

形用の露光を高速かつ高精度に行うことができ、その結果、高精度な 3 次元造形物を短時間に製作することができる。なお、光源 31 の半導体レーザの出力が制御される等により光源ユニットから変調された光が出射されてもよく、照射領域の走査もガルバノミラーや偏向素子等の他の手法により行われてもよい。

#### 【0061】

以上、本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく様々な変形が可能である。

#### 【0062】

感光性レジストは必ずしもポジ型である必要はなく、ネガ型の感光性レジストが利用されてもよい。ネガ型の感光性レジストが利用される場合には、ガラス基板上に感光性レジストが塗布された感光部材 9 が準備され、図 13 に示すように、ガラスにより形成されたステージ 2 上に感光部材 9 が感光性レジストを上にして載置される。そして、ヘッド部 3 からの空間変調された光がステージ 2 およびガラス基板を透過して感光性レジストに導かれ、3 次元造形の露光が行われる。そして、現像により露光量に応じた凹凸を有する感光性レジストがガラス基板上に残留する。

#### 【0063】

また、感光部材 9 の感光材料は必ずしも基板上に塗布された感光性レジストである必要はなく、他の感光性樹脂等であってもよい。

#### 【0064】

光造形装置に設けられる空間光変調デバイスは、DMD 32 には限定されず、例えば、回折格子型の空間光変調デバイス（いわゆる、GLV）であってもよい。また、光源として複数の発光ダイオード等を 2 次元配列し、発光ダイオード群に対応する光照射領域群の配列方向が相対移動方向に対して傾斜された状態で、各発光ダイオードの ON/OFF を照射領域の相対移動に同期して制御することにより露光が行われてもよい。

#### 【0065】

変換テーブル 521 は、必ずしも露光領域に照射される光の量と加工深さとの関係を示すテーブルである必要はなく、一の露光領域に照射される光の量と感光

材料の感光される深さとの関係を実質的に示すテーブルであればよい。

#### 【0 0 6 6】

ステージ 2 とヘッド部 3 との相対移動は（すなわち、感光部材 9 と照射領域群との相対移動は）、ヘッド部 3 に設けられた移動機構により行われてもよい。また、照射領域に対応する光束が集束する位置と感光部材 9 の表面との間の距離を変更する機構は、必ずしも、ステージ 2 を昇降するステージ昇降機構 4 4 である必要はなく、例えば、ヘッド部 3 に設けられた集束位置を変更する機構であってもよい。

#### 【0 0 6 7】

なお、上記実施の形態における光造形装置は、様々な形状の造形物の製作に用いることができるが、微小な周期的凹凸を有する形状の製作に特に適している。

#### 【0 0 6 8】

##### 【発明の効果】

請求項 1 および 6 の発明では、微小ミラーにより効率よく感光材料に 3 次元造形用の露光を行うことができる。

#### 【0 0 6 9】

請求項 2 ないし 1 0 の発明では、感光材料上の広範囲に亘って 3 次元造形用の露光を行うことができる。

#### 【0 0 7 0】

また、請求項 4 の発明では、空間光変調デバイスを容易に制御することができるとともに精度よく露光を行うことができる。

#### 【0 0 7 1】

また、請求項 5 および 8 の発明では、現像後の造形物の形状精度を向上することができる。

#### 【0 0 7 2】

また、請求項 1 0 の発明では、テーブルを精度よく作成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

第 1 の実施の形態に係る光造形装置の構成を示す図である。

**【図 2】**

DMD を模式的に示す図である。

**【図 3】**

照射領域群を示す図である。

**【図 4】**

3 次元造形の露光動作の流れを示す図である。

**【図 5】**

加工深さと露光量との関係を示す図である。

**【図 6】**

製作された造形物の一例を示す図である。

**【図 7】**

(a) は第 2 の実施の形態における感光部材上の照射領域群を示す図であり、  
(b) は X 方向に関する累積光量を示す図である。

**【図 8】**

第 2 の実施の形態における露光動作の流れを示す図である。

**【図 9】**

(a) ないし (e) は感光部材上の照射領域群を示す図であり、(f) は Y 方向に関する累積光量を示す図である。

**【図 10】**

製作された造形物の一例を示す図である。

**【図 11】**

(a) ないし (e) は感光部材上の照射領域群を示す図であり、(f) は Y 方向に関する累積光量を示す図である。

**【図 12】**

第 3 の実施の形態に係る光造形装置の構成を示す図である。

**【図 13】**

ステージを介して感光部材を露光する様子を示す図である。

**【符号の説明】**

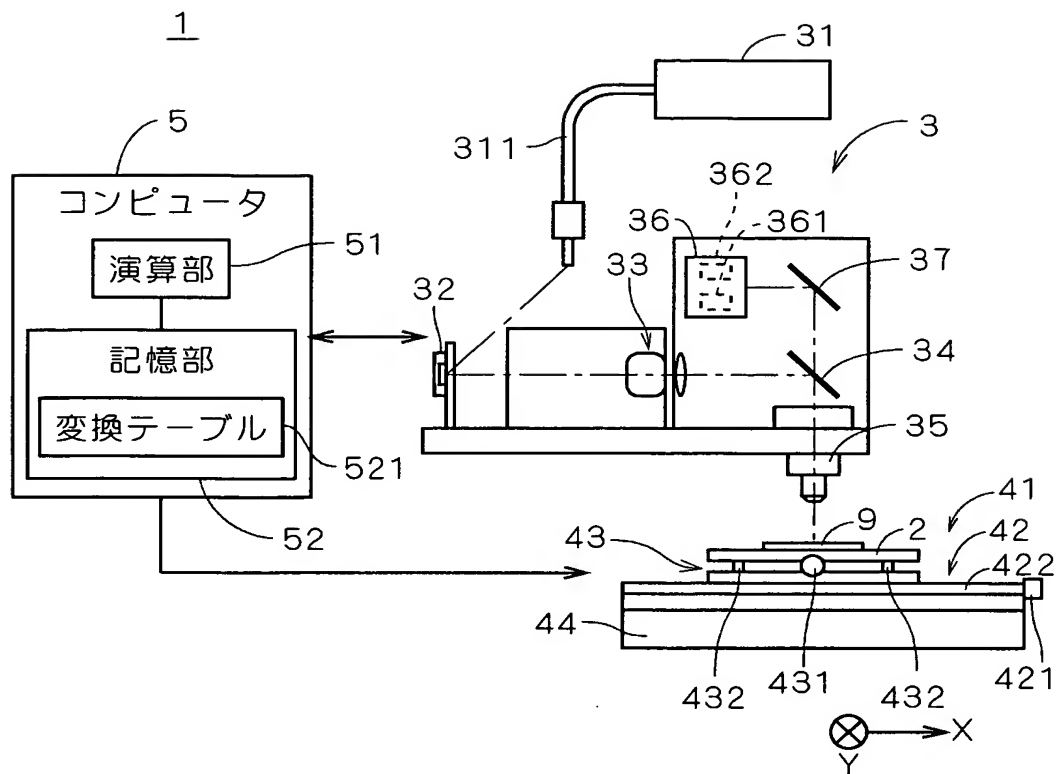
1, 1 a 光造形装置

- 2 ステージ
- 5 コンピュータ
- 9 感光部材
- 3 1 光源
- 3 2 DMD
- 3 2 a 光変調素子
- 3 6 A F 検出機構
- 3 8 ポリゴンミラー
- 4 1 ステージ移動機構
- 4 4 ステージ昇降機構
- 5 1 演算部
- 5 2 記憶部
- 6 1, 6 1 1, 6 1 2, 6 1 a ~ 6 1 d 照射領域
- 3 2 1 ブロック
- 5 2 1 変換テーブル
- 6 1 0 照射領域群
- 6 2 0 露光領域群
- L 1 距離
- P 1, P 2 ピッチ

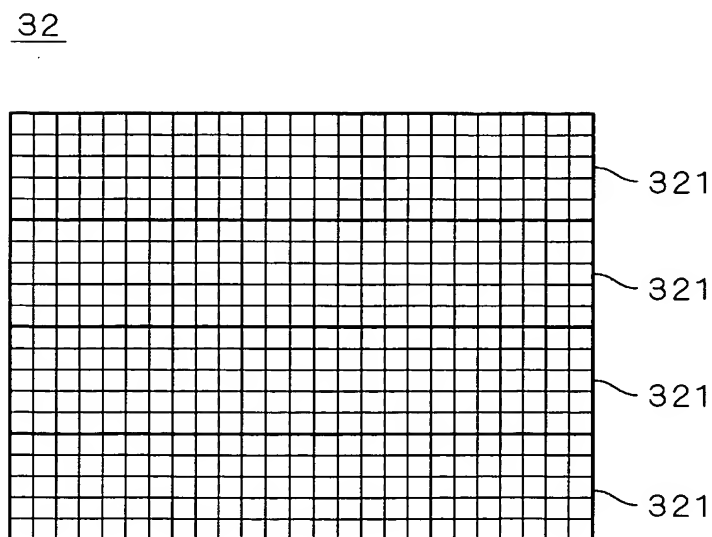


【書類名】 図面

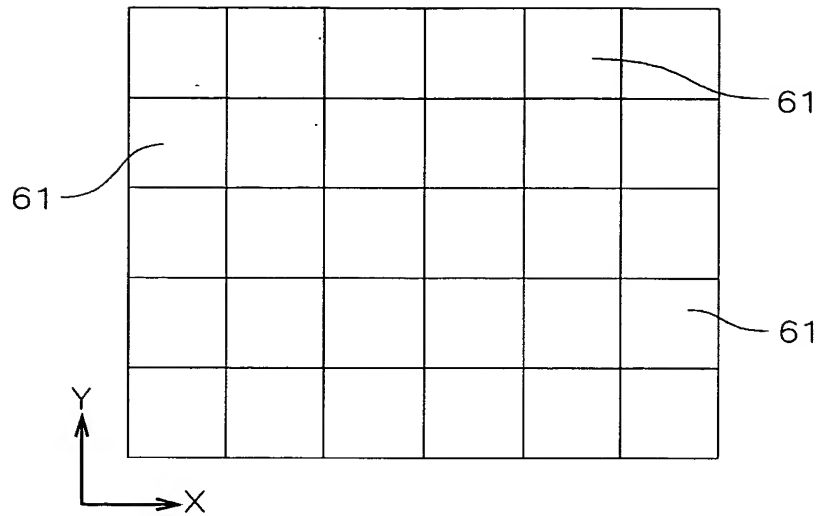
【図 1】



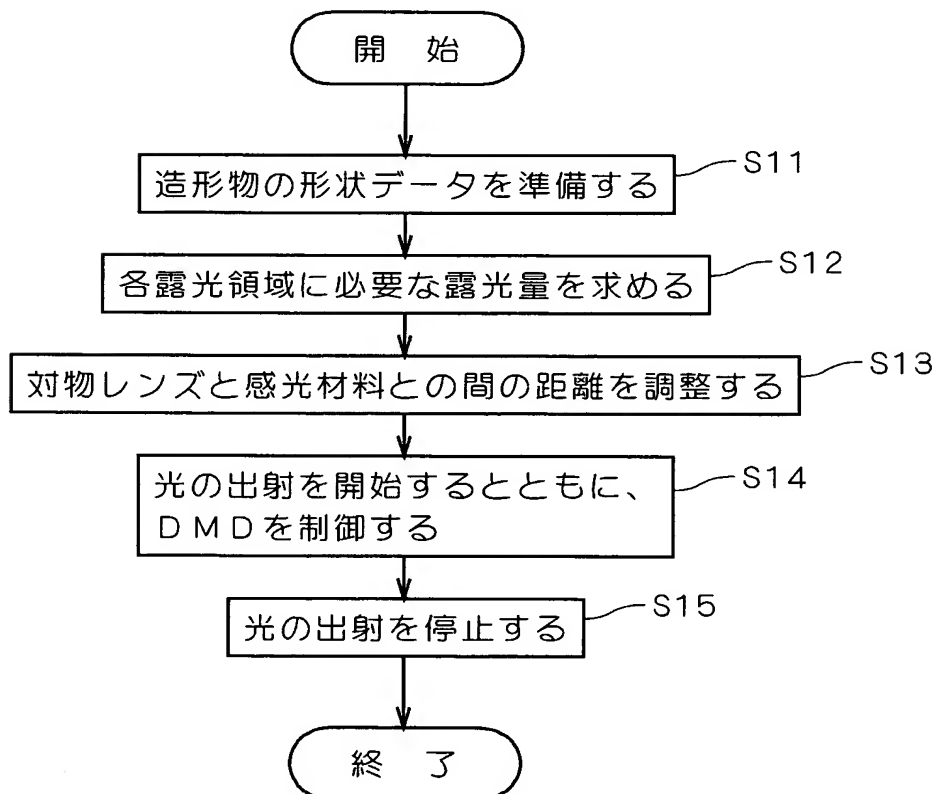
【図 2】



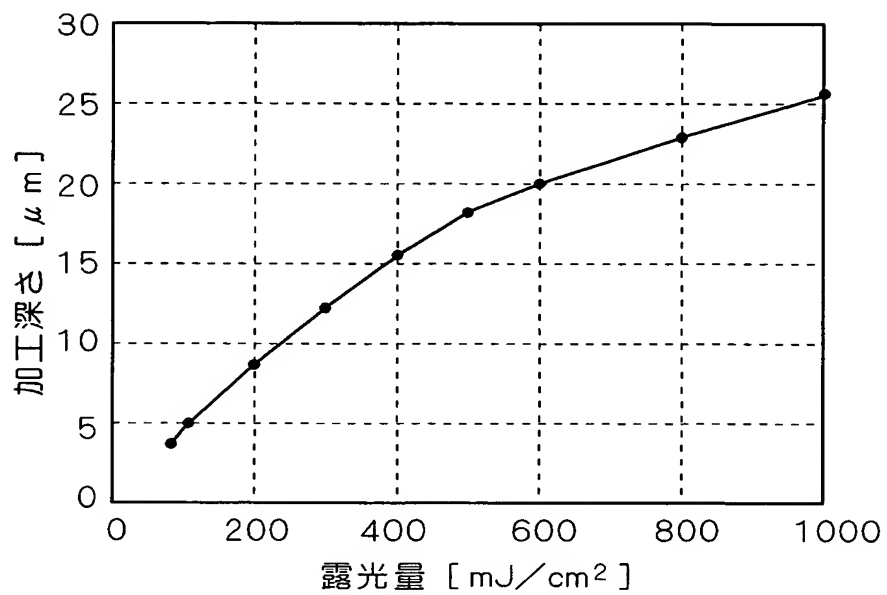
【図 3】



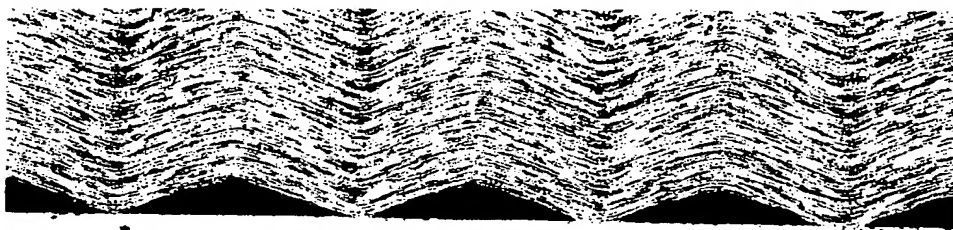
【図 4】



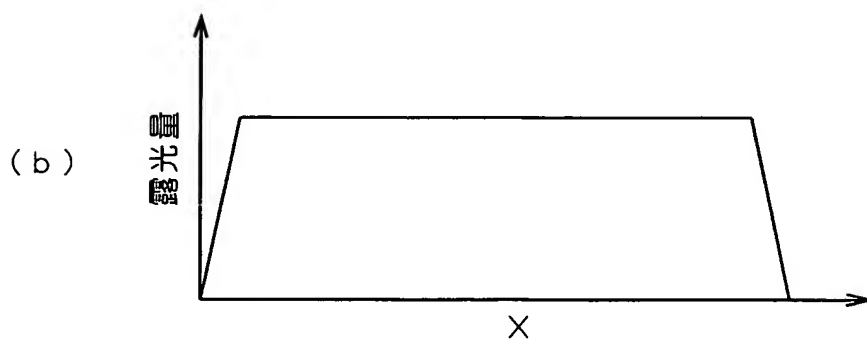
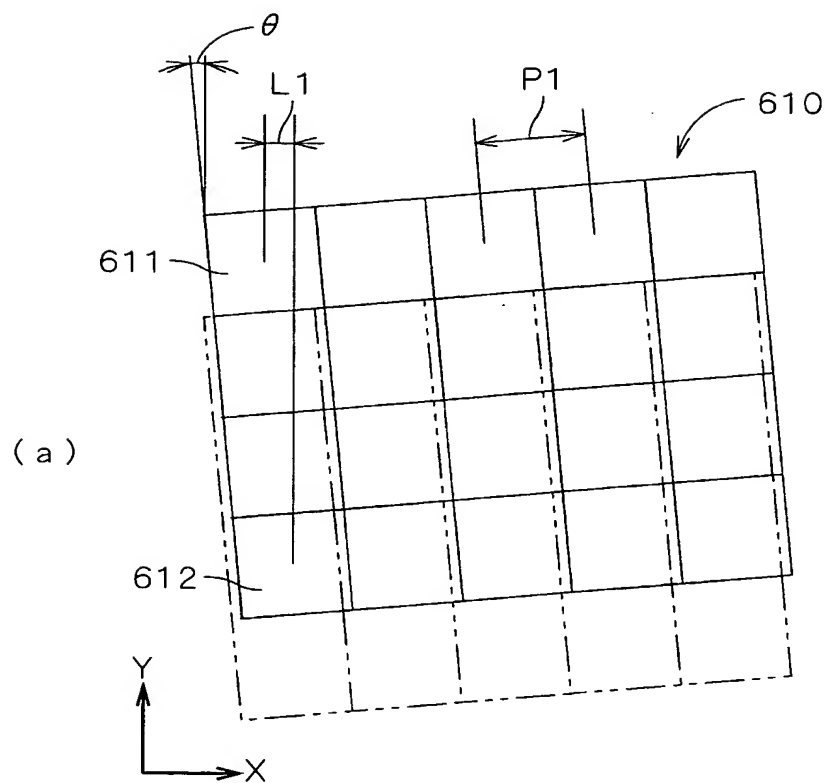
【図 5】



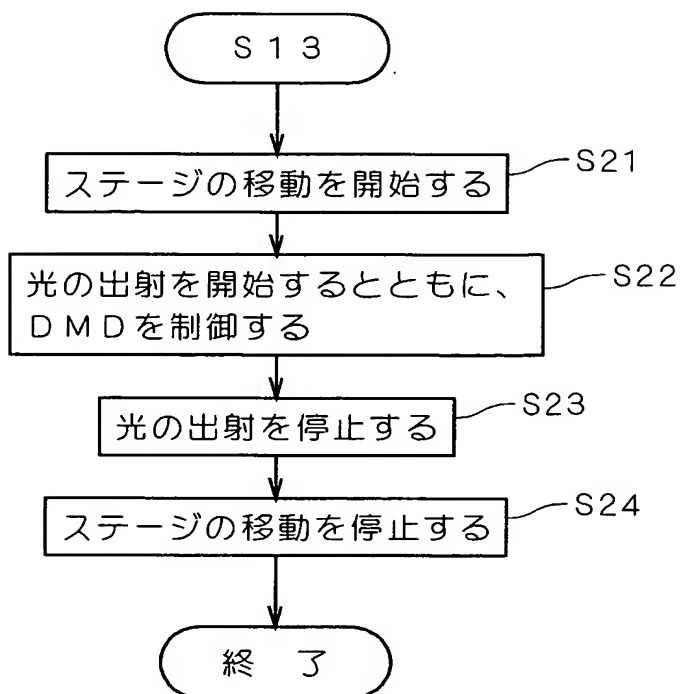
【図 6】



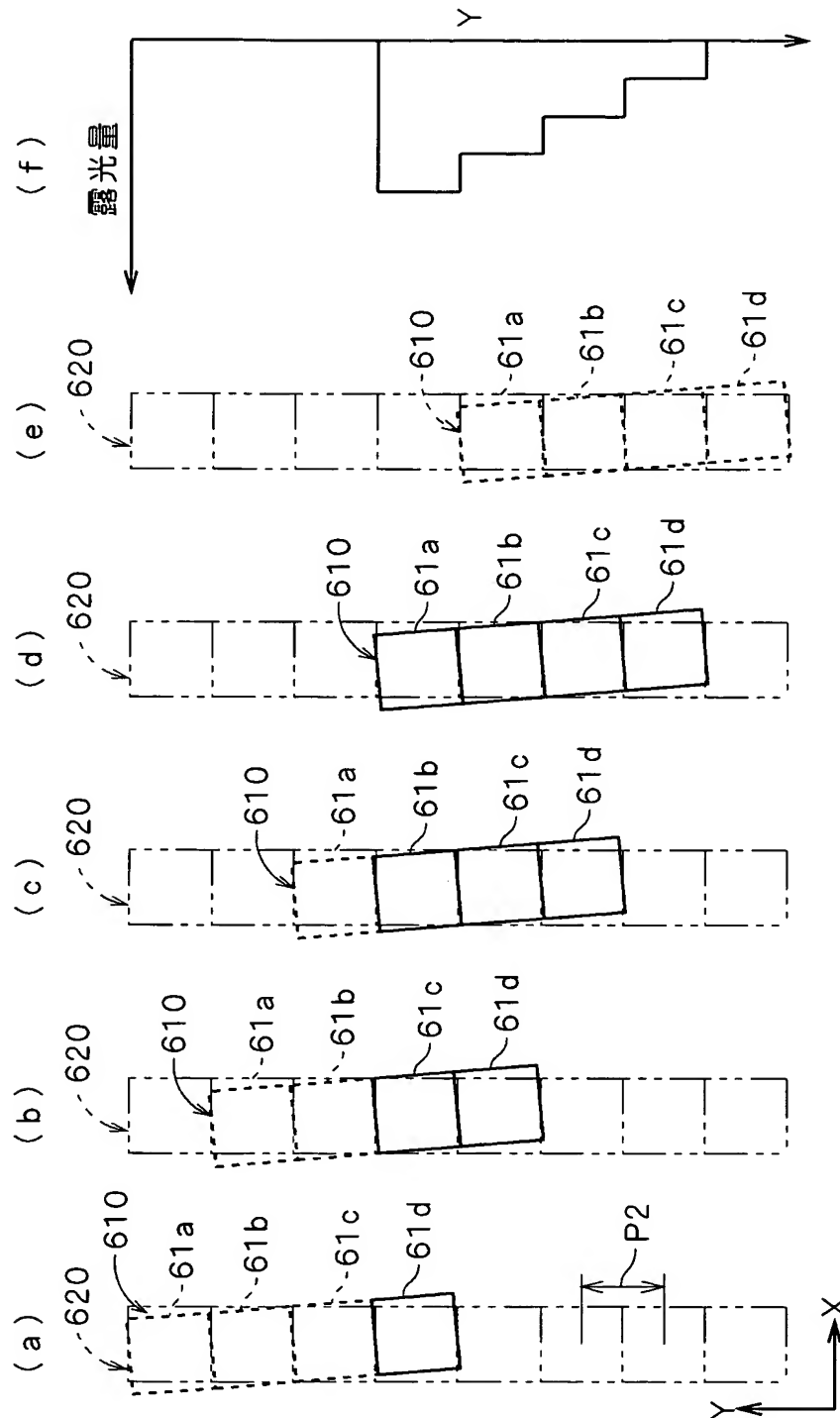
【図 7】



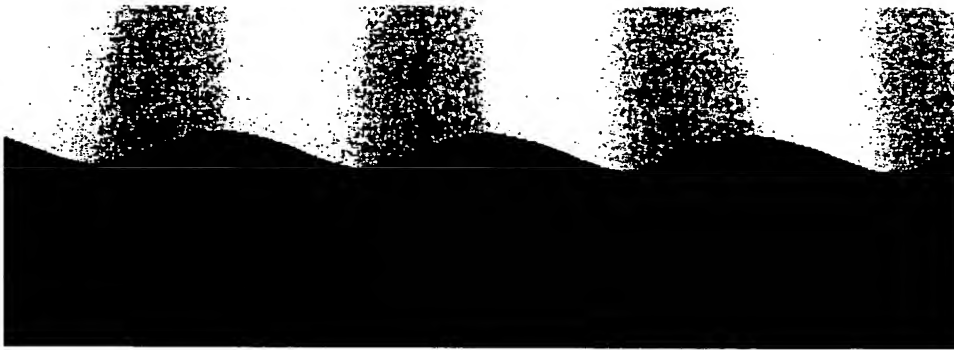
【図 8】



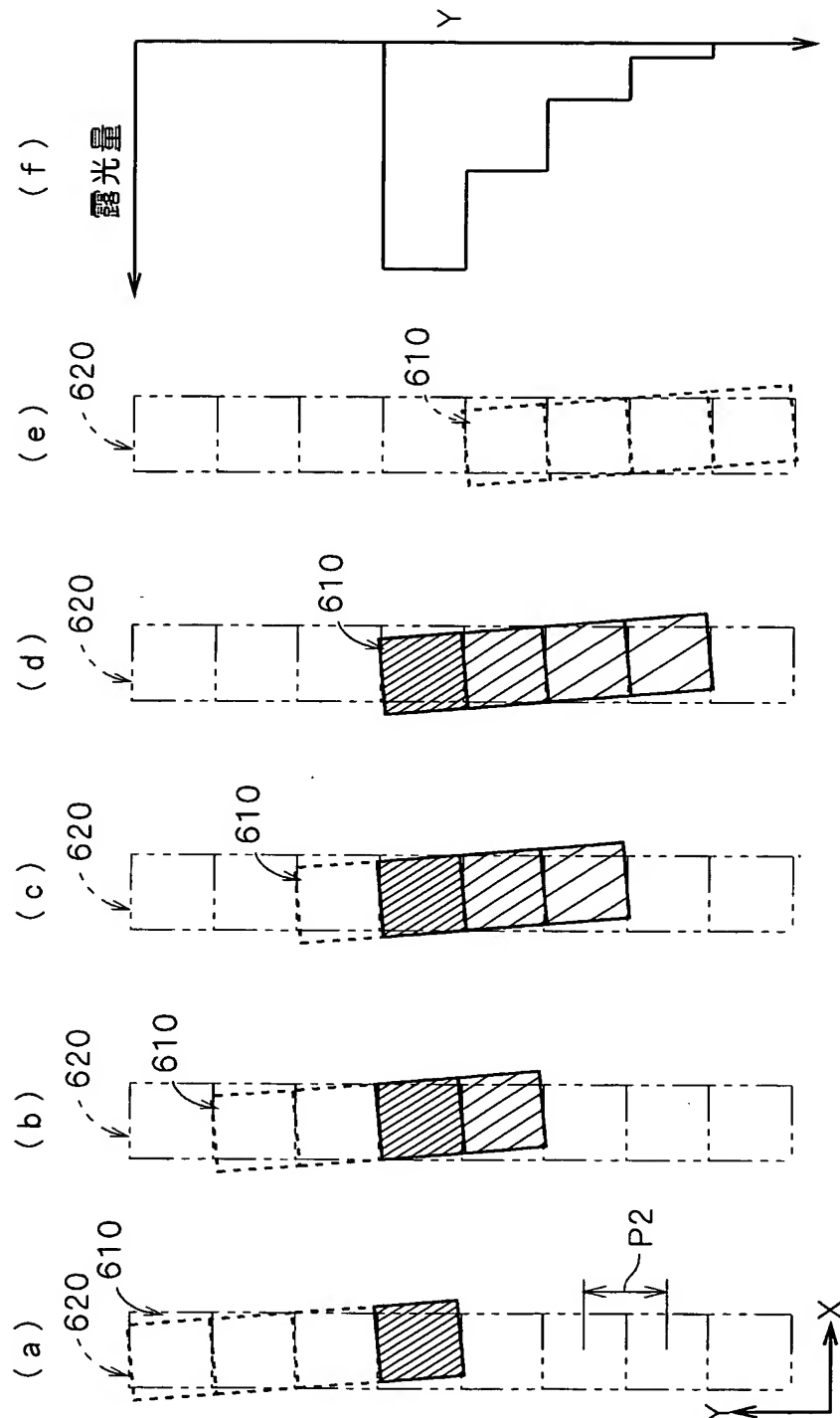
【図 9】



【図 1 0】

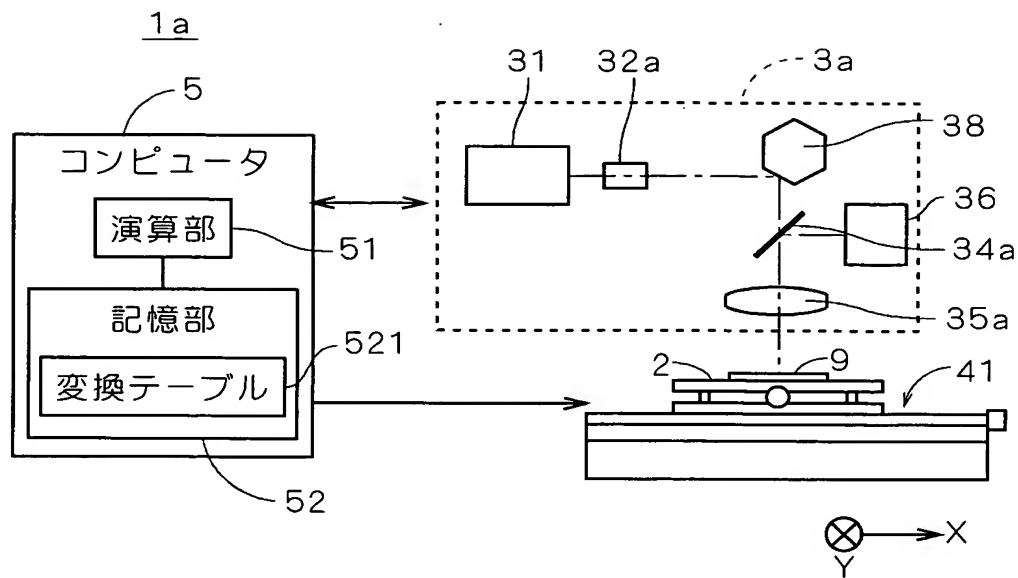


【図 11】

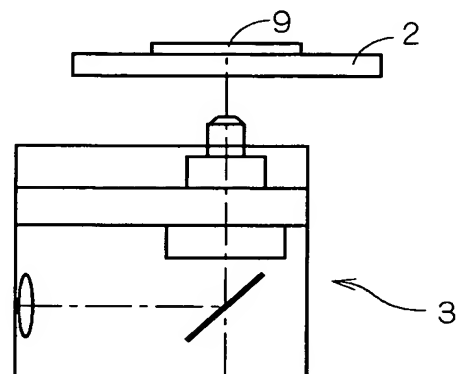




【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 感光材料に光を照射して短時間に 3 次元の造形を行う光造形装置を提供する。

【解決手段】 光造形装置 1 は、感光材料が塗布された基板である感光部材 9 を保持するステージ 2、感光部材 9 に向けて空間変調された光を出射するヘッド部 3、および、コンピュータ 5 を備える。ヘッド部 3 は複数の微小ミラーが 2 次元配列された DMD 3 2 を有し、光源 3 1 からの光は DMD 3 2 の微小ミラー群のうち、所定の姿勢にある微小ミラーのみにより反射されて感光部材 9 上に導かれる。光造形装置 1 では、DMD 3 2 の各微小ミラーの姿勢がコンピュータ 5 により制御される。これにより、各微小ミラーに対応する感光部材 9 上の光の照射領域に照射される光の量が制御され、所望の造形物の 3 次元形状に応じた露光が短時間に行われる。露光後の感光部材 9 は他の装置により現像される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 4 0 4 5 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 0 7 5 5 1 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 5 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1 番地の

1

氏 名

大日本スクリーン製造株式会社